

## PROCESS OF CONVERSION OF THERMAL ENERGY OF EXTERNAL HEAT SOURCE TO MECHANICAL WORK

**Patent number:** RU2078253  
**Publication date:** 1997-04-27  
**Inventor:** SMIRNOV LEV N (RU)  
**Applicant:** SMIRNOV LEV N (RU)  
**Classification:**  
- **international:** F03G7/06  
- **european:**  
**Application number:** RU19940028551 19940728  
**Priority number(s):** RU19940028551 19940728

[Report a data error here](#)

Abstract not available for RU2078253

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) RU (11) 2 078253 (13) С1

(51) МПК<sup>6</sup> F 03 G 7/06

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 94028551/06, 28.07.1994

(46) Дата публикации: 27.04.1997

(56) Ссылки: 1. Заявка Великобритании N 2114671, кл. F 01 K 25/100, 1983. 2. Баскаков А.П. и др. Теплотехника. - М.: Энергоиздат, 1991, с. 61 и 62.

(71) Заявитель:  
Смирнов Лев Николаевич

(72) Изобретатель: Смирнов Лев Николаевич

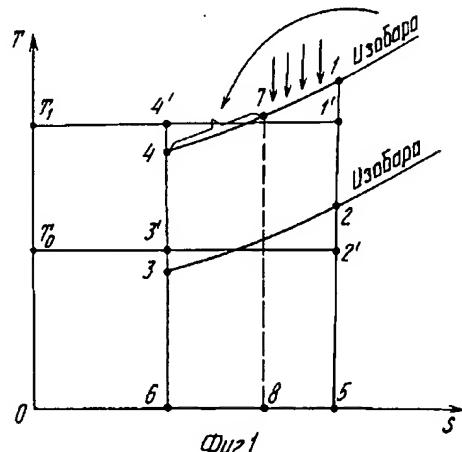
(73) Патентообладатель:  
Смирнов Лев Николаевич

**(54) СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ВНЕШНЕГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛА В МЕХАНИЧЕСКУЮ РАБОТУ**

**(57) Реферат:**

Использование: способ относится к теплознегнетике, в частности способам, использующим рабочую среду в газообразной фазе для получения механической энергии из тепла внешнего источника. Сущность изобретения: холодная часть рабочей среды передается на сжатие, а горячая часть, температура и давление которой в процессе разделения повышается, подвергается охлаждению с передачей приобретенной части тепла на подогрев неразделенной рабочей среды и расширению. Процесс разделения рабочей среды с последующей передачей на сжатие холодной части, охлаждения и расширения горячей части осуществляется неоднократно до уменьшения в 6 - 10 раз массы рабочей среды. Оставшаяся часть массы рабочей среды

охлаждается в холодильнике. 5 ил.



Фиг.1

RU 2078253 С1

RU 2078253 С1



(19) RU (11) 2 07 253 (13) C1

(51) Int. Cl. 6 F 03 G 7/06

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 94028551/06, 28.07.1994

(46) Date of publication: 27.04.1997

(71) Applicant:  
Smirnov Lev Nikolaevich

(72) Inventor: Smirnov Lev Nikolaevich

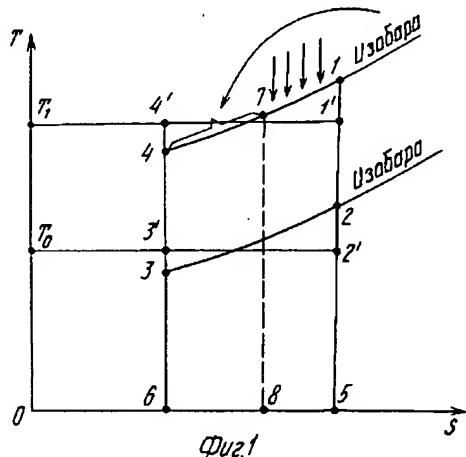
(73) Proprietor:  
Smirnov Lev Nikolaevich

(54) PROCESS OF CONVERSION OF THERMAL ENERGY OF EXTERNAL HEAT SOURCE TO MECHANICAL WORK

(57) Abstract:

FIELD: heat power industry. SUBSTANCE: invention specifically refers to processes using working medium in gaseous phase to generate mechanical energy from heat of external source. Cold part of working medium is transferred to compression and its hot part which temperature and pressure increase in process of separation is subjected to cooling with transfer of acquired part of heat for heating of unseparated working medium and to expansion. Process of separation of working medium with subsequent transfer of cold part to compression, and of hot part to cooling and expansion is carried out many times till mass of working medium diminishes 6-10 times. Remaining part of mass of working medium is cooled in refrigerator. EFFECT: enhanced efficiency of

process. 5 dwg



R U  
2 0 7 8 2 5 3  
C 1

R U 2 0 7 8 2 5 3 C 1

в частности к способам, использующим рабочую среду в газообразной фазе для получения механической энергии из тепла внешнего источника.

Широко известны способы преобразования тепловой энергии в работу в паротурбинных агрегатах, работающих по циклу Ренкина, в которых производится испарение рабочей жидкости и приготовление пара высокого давления, расширение пара с получением механической работы, охлаждение и конденсация пара до жидкого состояния с рассеянием тепла в процессе охлаждения в окружающее пространство (Теплотехника. А.П.Баскаков, Б.В.Берг, О.К.Витт и др. М. Энергоиздат, 1991. 224 с. ил. стр. 61. Известен также способ преобразования тепла в энергию другого вида в нагревателе и детандере (детандер может представлять собой роторный шиберный или винтовой двигатель или двухфазную турбину, входящую в состав магнитогидродинамической установки), заключающийся в перемещении под давлением рабочей жидкости в нагреватель, в котором она нагревается, не изменяя своего физического состояния, в подаче жидкости в детандер, где она мгновенно испаряется, приводя рабочие органы детандера в движение, отработавший пар охлаждается до жидкости с рассеянием тепла в окружающее пространство (заявка Великобритании N 2114671/100, F 01 K 25/100, F 10, F 1 F, H 2 A, опубл. 24.08.83, т. N 4930).

Известен способ преобразования тепловой энергии внешнего источника тепла в механическую работу, выбранный в качестве аналога, наиболее близкого к изобретению по совокупности признаков (прототип), заключающийся в получении механической работы в паровой теплосиловой установке с циклом Карно. Он состоит в следующем. Теплота от горячего источника подводится к водяному пару (рабочей среде), при постоянной температуре, в результате чего пар превращается в сухой насыщенный. Затем пар адиабатно расширяется в турбине, совершая механическую работу. Отработавший пар поступает в конденсатор, где отдает теплоту холодильнику (циркулирующей по трубкам охлаждающей воде), в результате чего его степень сухости уменьшается. Влажный пар затем сжимается в компрессоре также адиабатно до исходного состояния. Далее циклы повторяются (Теплотехника. А. П. Баскаков, Б.В.Берг, О.К.Вит и др. М: Энергоиздат, 1991, 224 с. ил. стр. 61 и 62).

Известный способ обладает меньшими потерями тепла в холодильнике.

Недостатком известного способа является то, что и при его использовании невозможно добиться высокого эффекта преобразования тепла в работу, т.к. здесь также имеют место потери теплоты в холодильнике, до 50% которая бесполезно рассеивается в окружающем пространстве.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение коэффициента полезного действия теплового агрегата за счет полного превращения тепла рабочей среды в механическую работу.

Технический результат достигается тем, что в способе преобразования тепловой

механическую работу, включающим нагревание рабочей среды, ее расширение с получением механической работы и сжатие согласно изобретению, после расширения рабочую среду разделяют в центробежном поле по уровню кинетической энергии групп молекул на холодную и горячую части, причем холодную часть направляют на сжатие, а горячую часть охлаждают до температуры рабочей среды, подвергаемой расширению, тепло горячей части передают неразделенной рабочей среде, а саму горячую часть передают на расширение, при этом процесс разделения рабочей среды на холодную и горячую части с последующей передачей на сжатие холодной части, охлаждением и расширением горячей части повторяют неоднократно до 6-10-кратного уменьшения массы горячей части, а оставшуюся горячую часть охлаждают до температуры рабочей среды, направляемой на сжатие, и сжимают.

Технический результат достигается при использовании различных рабочих сред в газовой фазе, например таких как перегретый водяной пар, гелий, воздух и т.п.

В заявляемом способе, в отличие от известного, процесс охлаждения рабочей среды в холодильнике заменяют процессом разделения рабочей среды на холодную и горячую части, который не требует затрат энергии, так как идет пространственное смещение рабочей среды в центробежном поле. Причем группы молекул, обладающие большой кинетической энергией сосредотачиваются в одной части пространства, а менее нагретые группы молекул в другой части пространства замкнутой системы. Поскольку процессы разделения происходят достаточно быстро ( $5 \cdot 10^{-2}$  сек), практически нет теплообмена с внешней средой, и суммарная энергия в замкнутой системе сохраняется неизменной.

При отделении от рабочей среды холодной части температура оставшейся горячей части в соответствии с законом сохранения энергии повышается и становится выше температуры неразделенной рабочей среды, что позволяет передать ей тепло горячей части регенеративным путем и снизить количество тепла внешнего источника (топлива), идущего на нагревание рабочей среды.

Полное использование тепла рабочей среды достигается при бесконечном числе разделений уменьшающейся с каждым разом массы горячей части рабочей среды при передаче отдельных холодных частей на сжатие. Однако такой образ действий усложняет реализацию способа.

В заявляемом способе рабочая среда подвергается разделению до уровня  $\left(\frac{1}{6} \div \frac{1}{10}\right)$  массы. Оставшаяся часть

подвергается охлаждению как в известных машинах, т.е. с помощью холодильника, и этим обеспечивается замыкание технологического цикла преобразования тепловой энергии в механическую работу. Тепло указанной доли массы рабочей среды удается использовать полезно полностью при подогреве воздуха, поступающего для сжигания топлива. Достаточное число разделений при этом не превосходит

R U 2 0 7 8 2 5 3 C 1

При разделении рабочей среды до уровня менее 1/6 от полной массы удается использовать все тепло хладильника (воздухоподогревателя) для нагрева воздуха от 20°C до 140-145°C при коэффициенте избытка воздуха один, два. При этом температура рабочей среды, передаваемая на сжатие даже при встречном теплообмене превосходит 100°C, что достаточно много. При работе с меньшей температурой рабочей среды, подаваемой на сжатие, и при пониженном коэффициенте избытка воздуха долю тепла, передаваемого в воздухоподогреватель, необходимо снижать. Это можно сделать только за счет уменьшения массы рабочей среды, прогоняемой через воздухоподогреватель. Однако разделять массу до уровня ниже, чем 1/10 полной, нецелесообразно ввиду усложнения реализации способа. Поэтому принято подвергать разделению массу рабочей среды до уровня, определяемого пределами 1/6-1/10 от полной.

На основании проведенного анализа установлено, что заявляемое изобретение не известно из достигнутого уровня техники, следовательно, соответствует критерию "новизна".

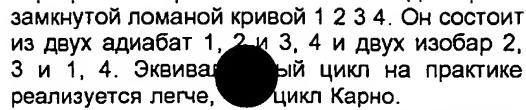
Поскольку известных решений, содержащих признаки, сходные с отличительными признаками заявляемого изобретения, не выявлено, т.е. они для специалистов явным образом не следуют из достигнутого уровня техники, то изобретение соответствует критерию "изобретательский уровень".

Поскольку заявляемое изобретение создает положительный эффект, выражющийся в повышении коэффициента полезного действия (см. раздел описания изобретения "пример конкретного выполнения"), то оно может быть беспрепятственно использовано в промышленности и в этом плане соответствует критерию "промышленной применимости".

На фиг. 1 изображены в координатах  $T_s$  диаграммы идеальных теплотехнических циклов: машины Карно и эквивалентного; на фиг. 2 разделитель рабочей среды в разрезе; на фиг. 3 схема, поясняющая принцип работы разделителя; на фиг. 4 в координатах  $T_s$  диаграмма идеального теплотехнического цикла агрегата, работающего по заявляемому способу; на фиг. 5 общий вид агрегата в турбинном варианте исполнения, работающего по заявляемому способу.

В лабораторных условиях осуществлялось преобразование тепловой энергии внешнего источника тепла в механическую путем снижения природного газа в газоходе силового агрегата.

Процесс иллюстрируется на фиг. 1. Здесь в виде прямоугольника 1 2 3 - 4 для сравнения изображен идеальный цикл машины Карно. Такой цикл осуществим на сыром паре. Расширение пара с совершением полезной работы происходит по диабате 1, 2. Расширявшийся пар охлаждается в холодильнике и отдает тепло при постоянной температуре  $T_0$  (изотерма 2, 3). Далее осуществляется сжатие пара до диабате 3 4 и нагрев по изотерме 4 1 при температуре  $T_1$ . Цикл, эквивалентный циклу Карно, для

замкнутой ломаной кривой 1 2 3 4. Он состоит из двух адиабат 1, 2 и 3, 4 и двух изобар 2, 3 и 1, 4. Эквивалентный цикл на практике реализуется легче,  цикл Карно.

Затраты тепла, подводимого (как показано стрелками на фиг. 1) по изобаре 4, 1 отчитываются от абсолютного нуля. На диаграмме эти затраты определяются площадью, обозначенной цифрами 1 5 - 6 4. Не все затраченное тепло может быть превращено в работу в таком цикле, а только часть его, ограниченная площадью 1 2 3 4.

На диаграмме фиг. 1 проиллюстрирован также заявляемый способ, в котором все тепло рабочей среды превращается в механическую работу. В этом случае площадь, обозначенная на диаграмме цифрами 7 8 6 4 и равная теплоте, подводимой регенеративно, по значению одинакова с площадью, обозначенной цифрами 2 5 6 3 и равной доле теплоты, не используемой в цикле Карно.

Способ преобразования тепловой энергии в механическую работу основан на разделении рабочей среды на части, обладающие разной тепловой энергией. Разделение рабочей среды осуществлялось в центробежном поле в разделиеле, изображенном на фиг. 2, принцип действия которого проиллюстрирован на фиг. 3. Разделитель состоит из сопла Лаваля 1, имеющего в сечении прямоугольный профиль, одна из сторон прямоугольника которого линейно увеличивается от начала к концу трубы. Сопло свернуто в спираль вокруг тонкого стержня 4. К выходу сопла подсоединенны два диффузора 2 и 3.

На фиг. 3 условно показана схема разделиеля в развернутом виде и диаграмма 5 распределения скорости потока рабочей среды на выходе сопла Лаваля 1 в функции расстояния от стержня 4 до противоположной стенки сопла. Элементы разделиеля на фиг. 3 имеют следующие обозначения: I - сечение входной трубы, II - выходное сечение сопла Лаваля, III - III сечение выходных труб разделиеля: Р<sub>1</sub>, Р, Р<sub>2</sub>, Р<sub>3</sub> - значения давлений в указанных сечениях; С<sub>2</sub> и С<sub>3</sub> - значения средних скоростей потоков рабочей среды на входах диффузоров 2 и 3 соответственно.

Принцип действия разделиеля следующий. Поток рабочей среды в газообразной фазе поступает под давлением в сопло Лаваля 1, где происходит его разгон до сверхзвуковой скорости. При этом одновременно происходит раскручивание потока по спирали. В результате чего образуется центробежное поле, под воздействием которого наиболее горячая часть потока сосредотачивается возле наружной поверхности сопла, а охлажденная в результате расширения в направлении от наружной стенки к внутренней части потока сосредотачивается возле внутренней поверхности сопла. Как показывает опыт, образуется градиент температур в несколько десятков градусов на сантиметр и градиент скорости потока. Скоростной поток поступает с выхода сопла Лаваля 1 в диффузоры 2 и 3. Ввиду расположения диффузоров так, как изображено на фиг. 2 и 3, поток в диффузор 2 поступает с большей средней скоростью С<sub>2</sub> и температурой по сравнению с потоком,

R U 2 0 7 8 2 5 3 C 1

В диффузорах 2 и 3 происходит торможение потоков, что вызывает подъем давления в сечении I. За счет превосходства скорости  $C_2$  над  $C_3$  давление  $P_2$  на выходе диффузора 2 превышает давление  $P_1$  на входе сопла Лаваля, а давление  $P_3$  на выходе диффузора 3 принимает величину меньшую давления  $P_1$ . Потоки имеют разные средние температуры и обладают разной удельной энталпийей. На выходе диффузора 2 отбирают горячий поток, а на выходе диффузора 3 холодный поток.

На фиг.4 в координатах  $T_s$  изображен идеальный теплотехнический цикл тепловой машины с разделением рабочей среды по заявляемому способу. Превращение теплоты в работу в данном цикле совершается следующим образом.

Рабочее тело расширяется с совершением работы по адиабате 1, 9. Далее рабочая среда с энталпийей точки 9 диаграммы поступает на вход разделителя (сечение I I сопла Лаваля 1 фиг.3). В разделителе между сечениями I I и II II происходит расширение рабочей среды и в сечении II II рабочая среда будет характеризоваться энталпийей точки 12. Разность теплоперепада точек 9 и 12 расходуется на увеличении скорости потока рабочей среды.

В разделителе рабочая среда в сечении II II разделяется на 2 части: поступающую на вход в диффузора 3 и на вход диффузора 2. В диффузорах происходит торможение скоростного потока рабочей среды и подъем давлений и энталпии. Процесс "отделения-сжатия" в трубе 3 на диафрагме отражен точками 12, 10, 14; а этот же процесс в трубе 2 точками 12, 11, 13. Направление процесса на диаграмме обозначено штриховыми линиями и стрелками. Как следует из диаграммы, среда точки 13 имеет давление выше давления изобары, проходящей через точку 9 начала разделения рабочей среды, а среда точки 14 соответственно более низкое давление. Далее рабочая среда точки 14 сжимается по адиабате 14, 4 затем происходит ее нагрев (изобара 4, 1) и расширение снова (адиабата 1, 9). Среда с параметрами точки 13 диаграммы охлаждается по изобаре 13, 15, а тепло при этом передается регенеративно неразделенной рабочей среде на участке 4, 16, 17 изобары 4, 1. Направление процесса передачи тепла на диаграмме обозначено тонкими линиями со стрелками.

Как показал опыт, для передачи всего объема тепла, возвращаемого регенеративно, необходимо осуществлять многоступенчатое разделение рабочей среды. На диаграмме 4 изображен вариант двухступенчатого разделения. Согласно ему рабочая среда, охладившись по верхней линии изобары 13, 15, условно обозначенной на диаграмме двойной линией, расширяется по адиабате 15, 9'. Затем во втором разделителе происходит ее разделение на две части холодную (точки 9', 12, 10, 14) и горячую (точки 9', 12, 11, 13). Далее рабочая среда второго разделителя охлаждается регенеративно по адиабате 13, 15 (нижняя линия). Тепло первого разделителя

тепло второго разделителя на участок 4, 16. Как следует из диаграмм, для обеспечения передачи тепла определенным образом точка 15 располагается выше точки 16, причем тепло изобары 13, 15 передается на неразделенный участок изобары 4, 1.

Процесс разделения рабочей среды повторяют до 6-кратного уменьшения массы горячей части. Оставшуюся часть охлаждают в холодильнике и передают на скатие по линии на диаграмме, обозначенной точками 15 2 3 14.

Как следует из диаграммы фиг.4, тепло внешнего источника подводится на участке 17, 1 изобары 4, 1. Из сравнения диаграмм фиг.1 и 4 видно, что они отличаются лишь тем, что участок подвода тепла на диафрагме фиг.4 больше на величину изобары 17, 7. Величина теплоты внешнего источника, подводимая на этом участке изобары, равна теплоте, переданной холодильнику. Из диаграммы фиг. 4 так же следует, что предлагаемым способом реализуется регенеративная передача части теплоты рабочей среды, не использованной в цикле, а подводимое внешним образом тепло практически полностью преобразуется в работу цикла.

Тепловой агрегат, представленный на фиг.5, содержит паровую турбину, у которой на валу 1 надеты компрессорные 2 и расширительные 3 колеса. Колеса объединены в пакеты, отделенные один от другого либо решеткой, либо перегородкой. Турбина снабжена разделителями рабочей среды 4, регенераторами 5 и газоходом 6. Входы и выходы разделителей и регенератора подсоединенены трубопроводами к выходам и входам пакетов турбины. В газоходе 6 размещены секции нагревателя 7 и воздухоподогревателя 8. Газоход снабжен топливной форсункой 9, воздухозаборником 10 и дымососом 11. Неподчеркнутые цифры на фиг.5 соответствуют номерам условных точек диаграмм фиг.4.

Пуск турбины в ход осуществляется при поджиге топлива в газовом канале 6 и раскручивании вала 1 стартером. В установленвшемся режиме тепловая энергия для работы турбины поступает через нагреватель 7 от сжигания топлива форсунки 9 в подогретом воздухе, нагреваемого в секции 8. Дымовые газы выбрасываются дымососом 11. Рабочая среда в газообразной фазе подвергается сжатию в пакетах компрессорных колес 2, затем расширяется с подогревом в первом пакете расширительных колес 3 и далее без подогрева в последующих пакетах. При этом совершается работа, расходуемая на работу компрессорной части и на нагрузку. Из последнего расширительного колеса рабочая среда передается в первое компрессорное колесо через секцию теплообменника 8, где она охлаждается, отдавая часть тепла дутьевому воздуху.

Особенностью турбины фиг. 5 является то, что часть массы рабочей среды передается из расширительных колес в компрессорные через 2 разделителя 4. Горячие составляющие рабочей среды с выходов разделителей поступают через 2 регенератора 5 для дальнейшего расширения. В разделителях 4, как показано

(температуры, давления) рабочей среды, и, благодаря этому, реализуется передача теплоты неразделенной рабочей среде в регенераторах 5. Количество этой теплоты соответствует теплоте, не используемой в цикле. Выбросов тепла рабочей среды в окружающее пространство нет и этим обеспечивается высокая экономичность агрегата. Дополнительным положительным свойством агрегата, реализующего заявляемый способ, являются то, что в нем снижены наиболее габаритные части компрессорных и расширительных колес, работающих при низком давлении. Это уменьшает габариты агрегатов, позволяет выравнивать профиль турбины и, тем самым, поднять мощность в одном агрегате. Эффект может быть усилен за счет создания агрегатов, построенных на комбинации циклов фиг.4. При этом снижается температура продуктов сжигания топлива (дыма) и повышается КПД. Экспериментальный образец агрегата был создан на мощность 10 квт и использовался в качестве привода электрогенератора. Его КПД составил 62% что значительно выше значения КПД агрегатов, построенных на известных способах (до 40%). Потери теплоты в экспериментальном образце распределились следующим образом: 28% с дымом, 7% в разделителях, 3% - потери на трение.

Таким образом, использование заявляемого способа, обеспечивает полное превращение тепла в механическую работу и

реализующих способ. Именно применение разделения расширяющейся при совершении механической работы рабочей среды на холодную и горячую части с передачей тепла регенеративным образом от горячей части неразделенной рабочей среде позволяет замкнуть теплотехнический цикл без потерь тепла рабочей среды в процессе превращения тепловой энергии внешнего источника в механическую работу.

#### Формула изобретения:

Способ преобразования тепловой энергии внешнего источника тепла в механическую, включающий нагревание рабочей среды, ее расширение с получением механической работы и сжатие, отличающийся тем, что после расширения рабочую среду разделяют в центробежном поле на холодную и горячую части, причем холодную часть направляют на сжатие, а горячую часть охлаждают до температуры рабочей среды, подвергаемой расширению, тепло горячей части передают неразделенной рабочей среде, а саму охлажденную горячую часть передают на расширение, при этом процесс разделения рабочей среды на холодную и горячую части с последующей передачей на сжатие холодной части, охлаждением и расширением горячей части повторяют неоднократно до 6-10-кратного уменьшения массы горячей части, а оставшуюся горячую часть охлаждают до температуры рабочей среды, направленной на сжатие, и сжимают.

35

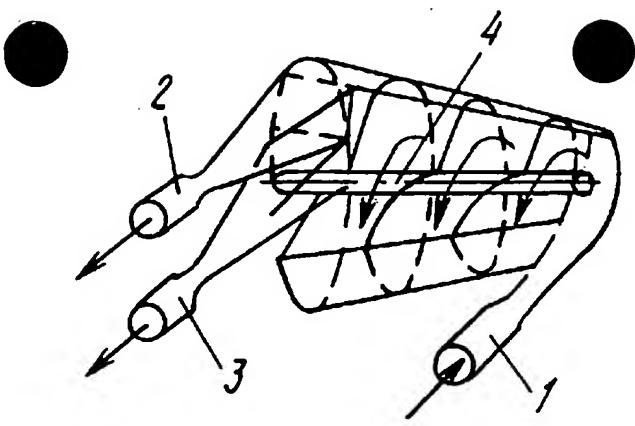
40

45

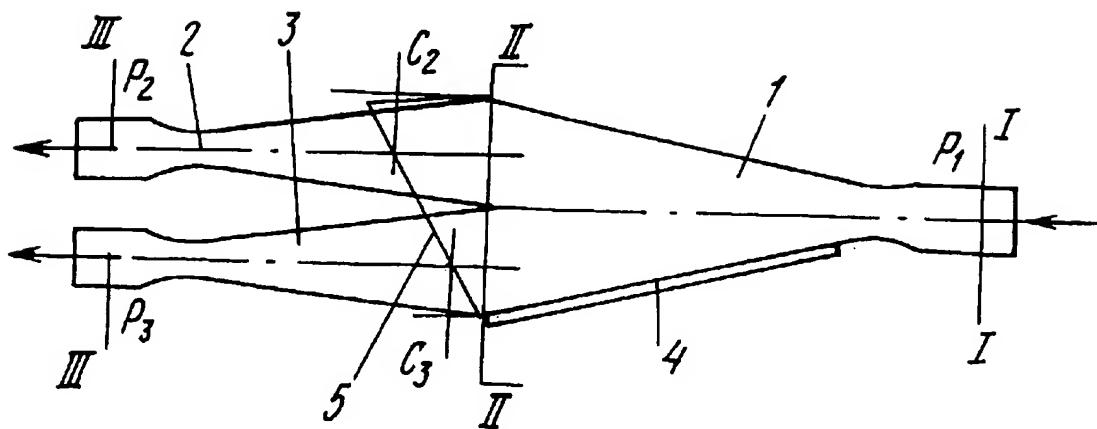
50

55

60



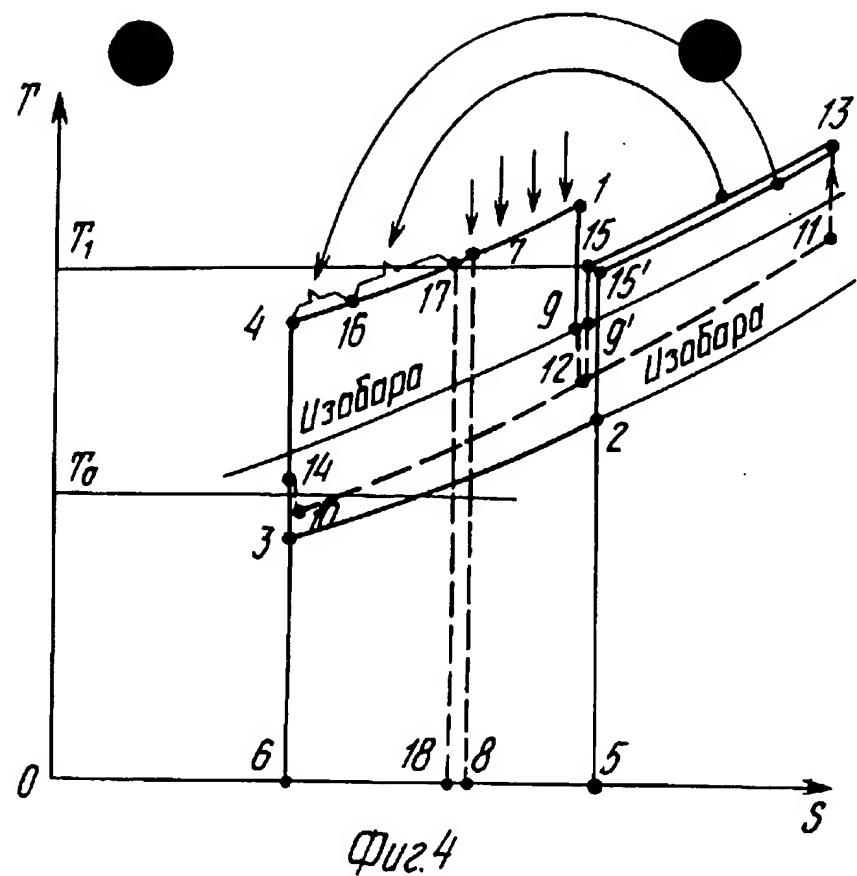
Фиг.2



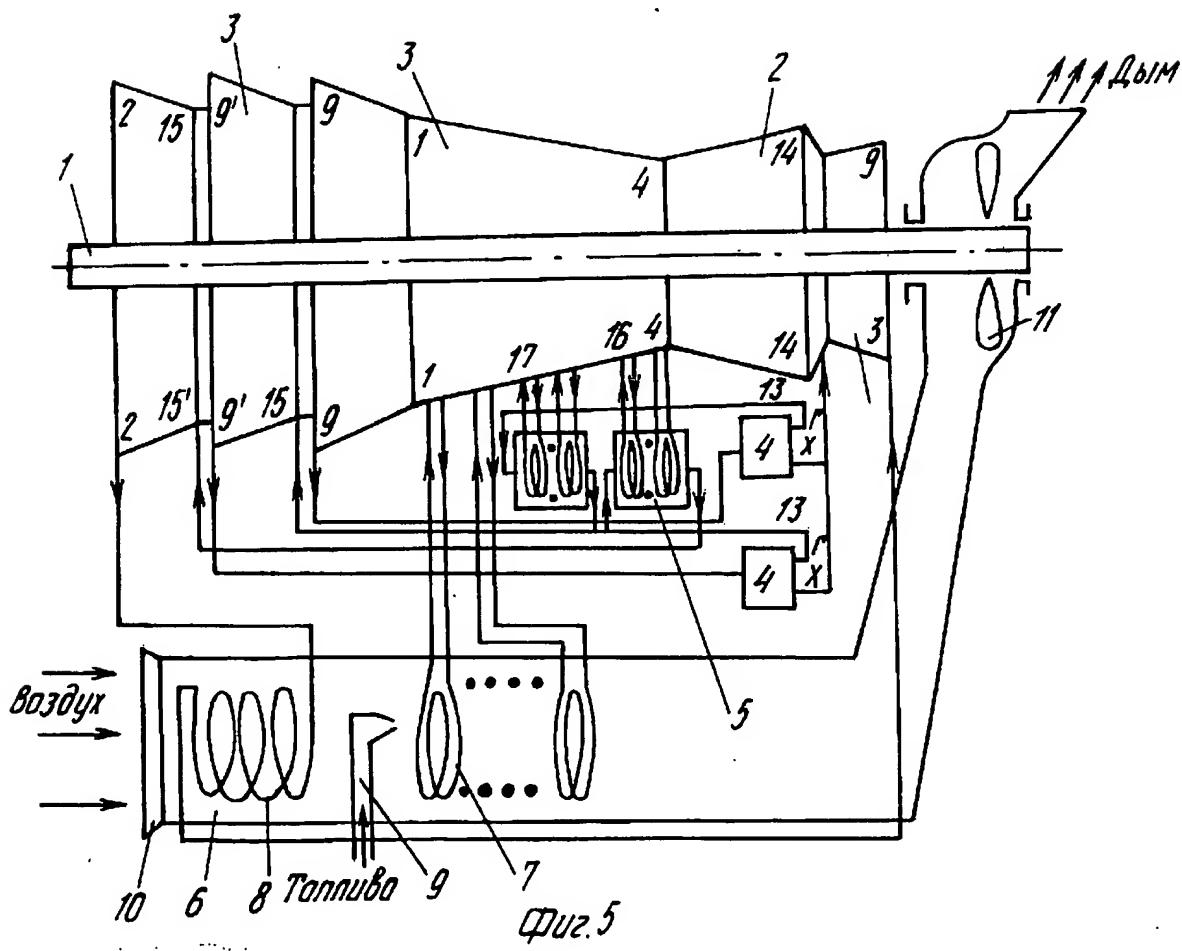
Фиг.3

R U 2 0 7 8 2 5 3 C 1

R U 2 0 7 8 2 5 3 C 1



Фиг. 4



Фиг. 5

R U 2 0 7 8 2 5 3 C 1

R U ? 0 7 8 2 5 3 C 1